



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift  
⑯ ⑯ DE 199 12 093 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
F 41 G 3/26  
F 41 G 3/30

DE 199 12 093 A 1

⑯ ⑯ Aktenzeichen: 199 12 093.5  
⑯ ⑯ Anmeldetag: 18. 3. 1999  
⑯ ⑯ Offenlegungstag: 28. 9. 2000

⑯ ⑯ Anmelder:  
STN ATLAS Elektronik GmbH, 28309 Bremen, DE

⑯ ⑯ Erfinder:  
Jüttner, Hermann, 28215 Bremen, DE

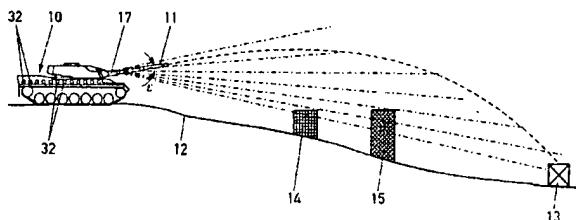
⑯ ⑯ Entgegenhaltungen:  
DE 37 20 595 C2  
DE 36 31 421 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ ⑯ Verfahren zur Schußsimulation

⑯ ⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Schußsimulation mit ballistische Geschosse verschießenden Rohrwaffen, bei dem von der Rohrwaffe (11) beim Auslösen eines simulierten Schusses das Ziel (13) mit einem optischen Sender beleuchtet und zur Trefferfeststellung ein virtueller Geschoßeinschlag bestimmt wird. Zur Realisierung eines Verfahrens, mit dem die Gestehungskosten des Schußsimulators deutlich reduzierbar sind und das dabei eine für den Einsatz im Gefechtsübungsgelände ausreichende Genauigkeit sicherstellt, wird das Sendelicht optisch eng gebündelt und in einer Ebene sukzessiv geschwenkt. Dem Sendelicht werden Informationen bezüglich der momentanen Position und vertikalen Ausrichtung (Aufsatz ε) der Rohrwaffe (11) sowie der Waffen- und Geschoßart aufmoduliert. In dem mit einer optischen Empfangseinrichtung ausgestatteten Ziel (13) werden der virtuelle Geschoßeinschlag und die Entfernung zwischen Ziel (13) und Rohrwaffe (11) aus den zum Ziel (13) übertragenen Waffeninformationen und der bekannten Zielposition bestimmt und zur Trefferfeststellung miteinander verglichen. Bei Übereinstimmung wird ein Treffer angezeigt (Fig. 1).



DE 199 12 093 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Schußsimulation mit ballistische Geschosse verschießenden Rohrwaffen der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

Ein bekanntes Verfahren zur Schuß- oder Schießsimulation (DE 37 20 595 A1) basiert auf einer sog. Zwei-Wege-Simulation, wobei zunächst mit auf ein Ziel ausgerichtetem Visier die Entfernung zum Ziel gemessen wird, anschließend das mit einem Retropflektor versehene Ziel mit einem Laser beleuchtet und das vom Retropflektor zurückgeworfene Licht auf einer positionsauf lösenden, elektrooptischen Einrichtung an der Rohrwaffe abgebildet wird. Der aus der Abbildung ermittelte Ort des Retropflektors wird mit dem Trefferort des simulierten Schusses verglichen, der aufgrund der gemessenen Entfernung, der verwendeten Waffen- und Munitionsart und des Aufsatzes, den die hypothetische Geschobahn mit der Visierlinie bildet, berechnet wird. Stimmt der Ort des Retropflektors mit dem Trefferort überein, wird eine Treffermeldung von der Rohrwaffe ausgelöst, stimmen beide nicht überein, wird eine Fehlermeldung generiert.

Bei einem ebenfalls bekannten, auf einer Zwei-Wege-Simulation beruhenden Verfahren zur Schießsimulation für ballistische Munition und bewegliche Ziele (DE 31 14 000 A1) wird vor Auslösung des simulierten Schusses das Ziel durch waffenseitig ausgesendete Laserimpulse ständig gemessen und werden die Zielentfernung und die Zielablage von einer Bezugslinie bestimmt und hieraus abgeleitete Daten abgespeichert. Mit Schußauslösung werden die gespeicherten Daten durch kodierte Lasersignale zum Ziel übertragen, und die Anmessung des Ziels wird beendet. Nach der Schußauslösung wird während einer simulierten Geschobflugzeit die Eigenbewegung des Ziels relativ zur Empfangsrichtung der Laserimpulse gemessen und eine Trefferanzeige durch Vergleich der von der Rohrwaffe übermittelten Daten und der Zielposition am Ende der Geschobflugzeit gesteuert.

Bei solchen Zwei-Wege-Simulationsverfahren ist der technische Aufwand sehr hoch, der noch mit der Forderung nach einer wachsenden Zielentfernung überproportional zunimmt. Für die Zielvermessung muß eine hochempfindliche Meßelektronik verwendet werden, die den Schießsimulator zusätzlich verteilt. Der optische Pegel des Laserlichts nimmt dabei mit zunehmender Entfernung  $r$  mit  $1/r^4$  ab, so daß die Meßergebnisse zunehmend unsicherer werden. Eine Erhöhung der Laserrleistung ist dabei kaum möglich, da zum Schutze der Teilnehmer einer Schießübung die Leistungsklasse des Lasers vorgeschrieben und auf die Augenverträglichkeit beschränkt ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Schußsimulation der eingangs genannten Art anzugeben, das deutlich geringere Herstellungskosten für den dieses Verfahren realisierenden Schießsimulator ermöglicht und dabei eine für den Einsatz in Gefechtsübungsgelände ausreichende Genauigkeit gewährleistet.

Die Aufgabe ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, daß nur ein einziger optischer Übertragungsweg vom Schießenden zum Ziel erforderlich ist und damit der Simulator bei hoher Empfindlichkeit mit geringer Laserleistung auskommt. Die Überprüfung, ob der Schießende seine Rohrwaffe so eingerichtet hat, daß ein Ziel, welches sich in einer geschätzten Entfernung befindet, getroffen worden ist oder nicht, wird im Ziel anhand der Daten der eingerichteten Rohrwaffe durchgeführt, was ohne weiteres möglich ist, da Waffe und Ziel laufend ihre Position vermessen und dem Ziel die Position der Waffe mit Schußauslösung übertragen wird. Das

Verfahren erlaubt eine realistische Handhabung der Waffe, wobei die Verkantung der Waffe, die Munitionsart, die Waffenart, der eingestellte Azimut- und Elevationswinkel (Vorhalt und Aufsatz) bei der hypothetischen oder virtuellen 5 Treffpunktbestimmung berücksichtigt werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren werden auch Höhendifferenzen zwischen Ziel und Waffe korrigiert. Eine Trefferanzeige von mehreren Zielen, die alle auf der gleichen Schußlinie liegen, wird vermieden, da jedes Ziel auf 10 Grund seiner Entfernung zur schießenden Waffe selbst feststellt, ob der hypothetische oder virtuelle Treffpunkt mit seiner Position übereinstimmt oder nicht.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann sowohl bei Rohrwaffen, wie Panzerkanonen, bei denen die Einstellung des 15 Aufsatzes der Waffe geübt werden soll, als auch bei Rohrwaffen, wie Panzerfäuste, bei denen es auf die Schätzung des Vorhalts ankommt, angewendet werden. Hierzu muß lediglich die Schwenkrichtung des Sendelichts aus der vertikalen in eine horizontale Ebene verlegt und der maximale 20 Schwenkwinkel angepaßt werden.

Zweckmäßige Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens mit vorteilhaften Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen.

25 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Sendelicht als eine Folge von Laserimpulsen erzeugt, und die Waffeninformationen werden jedem Laserimpuls aufmoduliert. Laserimpulse haben den Vorteil, trotz hohem Impulspiegel nur eine geringe Energiedichte zu besitzen und damit bei der geforderten Augensicherheit des Lasers eine für die Schießsimulation ausreichende Leistung zum Ziel zu übertragen. Außerdem lassen sich die Laserimpulse relativ störsicher modulieren, so daß die Waffeninformationen zuverlässig zum Ziel übertragen werden.

30 Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden die Laserimpulse mit konstanter Taktrate gesendet und wird jedem Laserimpuls zusätzlich eine Information über seinen Sendezeitpunkt aufmoduliert. Im Ziel wird mit dem Sendezeitpunkt-Informationen und den Waffeninformationen die Entfernung zur Rohrwaffe bestimmt und zur Kontrolle des aus Waffen- und Zielposition bestimmten Entfernungswertes oder bei gestörten Positionsinformationen zur Bestimmung des virtuellen Geschobbeinschlags herangezogen. Damit kann bei vorübergehendem Ausfall des 35 einen oder anderen Positionsbestimmungssystems an Waffe und Ziel die Entfernung zwischen Waffe und Ziel bestimmt und die Schießübung auch in bezuglich des Satellitenempfangs problematischen Geländeabschnitten fortgesetzt werden.

40 50 Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen im folgenden näher beschrieben. Es zeigen jeweils in schematischer Darstellung:

Fig. 1 und 2 jeweils einen eine Rohrwaffe tragenden Kampfpanzer in einem Übungsgelände bei Schußabgabe auf 45 ein Ziel in Seitenansicht (Fig. 1) bzw. Draufsicht (Fig. 2),

Fig. 3 ein Blockschaltbild der waffenseitigen Komponente eines Schußsimulators,

Fig. 4 ein Blockschaltbild der zielseitigen Komponente des Schußsimulators,

55 Fig. 5 eine perspektivische Darstellung einer Panzerfaust in Schußstellung auf einen im Übungsgelände fahrenden Zielpanzer.

In Fig. 1 und 2 ist ein Übungsszenario in einem Gefechtsübungsgelände in Seitenansicht und Draufsicht dargestellt, bei dem ein mit einer Rohrwaffe (Panzerkanone) 11 ausgerüsteter Kampfpanzer 10 eines von mehreren im Gelände 12 vorhandenen Zielen 13, 14, 15 bekämpft. Das vom Kampfpanzer 10 dabei ausgewählte Ziel 13 ist schematisch darge-

stellt und kann beispielsweise ein gegnerischer Kampfpanzer sein, dessen Bewegungsrichtung in Fig. 2 mit Pfeil 16 angegedeutet ist. Die Ziele 14 und 15 sind feststehend und beispielsweise Gebäude oder natürliche Hindernisse.

Zur Schießübung wird ein sogenannter Schußsimulator verwendet, der eine der Rohrwaffe 11 zugeordnete Komponente 17 und eine dem Ziel 13 zugeordnete Komponente 18 aufweist. Die in Fig. 3 im Blockschaltbild dargestellte waffenseitige Komponente 17 ist in einem Gehäuse 19 verpackt, das an der Rohrwaffe 11 fixiert ist und somit die Schwenkbewegung der Panzerkanone in Azimut und Elevation, sowie jegliche Verkantung der Panzerwanne und damit der Rohrwaffe 11 bei Fahrt im Gelände mitmacht. In dem Gehäuse 19 ist ein optischer Sender 20 in vertikaler Richtung schwenkbar angeordnet, der ein eng gebündeltes Laserlicht als eine Folge von im konstanten Zeittakt gesendeten Laserimpulsen abstrahlt. Eine Schwenkbewegung des optischen Senders 20 wird mittels eines Schrittmotors 21 bewirkt, der ebenso wie der optische Sender 20 von einer zentralen Steuereinheit 22 gesteuert wird. Die zentrale Steuereinheit 22 ist eingangsseitig mit einem Verkantungssensor 22, der die Verkantung der Wanne des Kampfpanzers 10 und damit die der Rohrwaffe 11 misst, mit einem Neigungssensor 24, der den Elevationswinkel  $\epsilon$  der Rohrwaffe 11, also den Aufsatz der Rohrwaffe 11 gegenüber der Horizontalen, misst sowie mit einem Interface 25 verbunden, über das der zentralen Steuereinheit 22 Informationen über die Munitionsart, die Waffenart, die momentane Position des Kampfpanzers 10 im Gelände und die Auslösung des simulierten Schusses zugeführt werden. Hierzu ist das Interface 25 über einen Eingang 27 mit einem am Kampfpanzer 10 angeordneten, satellitengestützten Positionsbestimmungssystem 26, z. B. einem GPS (Global Position System) oder mit einem DGPS (Differential Global Position System) verbunden und erhält über weitere Eingänge 28, 29 und 30 entsprechende Informationen über Waffen- und Munitionsart sowie einen Triggerimpuls bei Auslösung des simulierten Schusses durch den Richtschützen. Im optischen Sender 22 ist noch ein von der zentralen Steuereinheit 22 gesteuerter optischer Modulator enthalten, der die über das Interface 25 eingehenden Informationen über Waffen- und Munitionsart sowie die Meßwerte des Verkantungssensors 23 und des Neigungssensors 24 auf jeden vom optischen Sender 20 ausgesendeten Laserimpuls aufmoduliert.

Die in Fig. 4 im Blockschaltbild dargestellte zielseitige Komponente 18 des Schußsimulators weist eine optische Empfangseinrichtung 31 mit einer Vielzahl von optischen Sensoren 32, z. B. Laserdioden, auf, die eintreffende Laserimpulse in elektrische Signale umsetzen. Ist das Ziel 13, wie angenommen, ebenfalls ein Kampfpanzer, so bilden die Lichtdetektoren oder optischen Sensoren 32 – wie dies für den schießenden Kampfpanzer 10 in Fig. 1 dargestellt ist – in ihrer Vielzahl einen an der Panzerwanne horizontal umlaufenden Gürtel. Alle optischen Sensoren 32 sind mit einer Signalverarbeitung 33 verbunden, die einen Demodulator enthält und aus den empfangenen Laserimpulsen die mit diesen übertragenen Waffeninformationen (Waffenposition, Waffenart, Geschoßart, Aufsatz der Rohrwaffe) eliminiert und einem Mikroprozessor 34 zuführt. Der Mikroprozessor 34 empfängt von einem am Ziel 13 befestigten, satellitengestützten Positionsbestimmungssystem 35 (GPS oder GDPS) zusätzlich die momentane Position des Ziels 13. Anhand der Waffeninformationen und der Zielposition bestimmt der Mikroprozessor 34 einen virtuellen Einschlag des Geschosses nach Zurücklegen einer durch die Waffenaufrichtung sich ergebenden hypothetischen Geschoßflugbahn sowie die Entfernung zwischen Rohrwaffe 11 und Ziel 13. Der Mikroprozessor 34 führt einen Vergleich von Geschoßeinschlag und

Zielentfernung durch und steuert bei Übereinstimmung eine Trefferanzeige 36 an, die ein optisches, akustisches oder elektromagnetisches Treffersignal aussendet. Zur Bestimmung des virtuellen Geschoßeinschlags sind im Mikroprozessor 34 z. B. eine Vielzahl von Flugbahnen von Geschossen mit einer Parametrisierung von Aufsatz der Rohrwaffe (Elevationswinkel  $\epsilon$ ) sowie Waffen- und Geschoßart abgelegt. Mit den empfangenen und demodulierten Waffeninformationen wird die zutreffende Flugbahn aufgesucht und der virtuelle Geschoßeinschlag ausgelesen.

Mit einem solchen Schußsimulator wird eine Schußsimulation mit Rohrwaffen, die ballistische Geschosse verschießen, wie folgt durchgeführt:

Der Richtschütze richtet mittels eines üblicherweise mit der Rohrwaffe 11 verbundenen Visiers die Rohrwaffe 11 auf das Ziel 13 aus und stellt aufgrund der von ihm geschätzten Entfernung zum Ziel 13 einen bestimmten Aufsatz (Elevationswinkel  $\epsilon$ ) für die Rohrwaffe 11 ein. Wenn es sich beim Ziel 13 um ein bewegtes Ziel handelt, wird er – wie in Fig. 2 angegedeutet ist – bei der Rohrwaffe 11 noch einen Vorhalt berücksichtigen und die Rohrwaffe 11 um einen Azimutwinkel  $\phi$  gegenüber der direkten Sichtlinie zum Ziel 13 einstellen.

Mit Schußauslösung durch den Richtschützen wird über den Eingang 30 ein Triggerimpuls an das Interface 25 gegeben, was die Steuereinheit 22 veranlaßt, den Lasersender 20 zu aktivieren. Der Lasersender 20 sendet eine Folge von Laserimpulsen aus, wobei er in der Vertikalebene nach unten sukzessive geschwenkt wird. Die ersten Laserimpulse werden dabei in einer Richtung ausgesendet, die parallel zur Rohrachse verläuft. Jedem Laserimpuls werden Informationen bezüglich der momentanen Position und Ausrichtung der Rohrwaffe, im vorliegenden Fall bezüglich des vom Neigungssensor 24 gelieferten Elevationswinkels  $\epsilon$  und des vom Verkantungssensor 23 gelieferten Verkantungswinkels, sowie der verwendeten Waffen- und Geschoßart aufmoduliert. Zu irgendeinem Zeitpunkt der vertikalen Schwenkbewegung des Lasersenders 20 trifft mindestens ein Laserimpuls auf einen der Lichtdetektoren oder optischen Sensoren 32 am Ziel 13. Dieser Laserimpuls wird von der optischen Empfangseinrichtung 31 empfangen und in den beschriebenen Baueinheiten signaltechnisch verarbeitet. Im Ziel 13 wird nun mehr der virtuelle Geschoßeinschlag aus den mit dem Laserimpuls übertragenen Waffeninformationen (Elevationswinkel  $\epsilon$ , Verkantungswinkel, Waffenart, Waffenmunition) bestimmt sowie aus der vom Laserimpuls übertragenen Position der Waffe 11 und der bekannten Zielposition die Entfernung zwischen Ziel 13 und Rohrwaffe 11 bestimmt. Stimmen Geschoßeinschlag und Zielentfernung überein, so wird ein Treffer angezeigt.

Bei dem in Fig. 1 und 2 dargestellten Szenario würde bei Auslösung des simulierten Schusses auch das Ziel 14 zu irgendeinem Zeitpunkt von Laserimpulsen getroffen werden. Das Ziel 14 ist, soweit es ein Übungsziel darstellt, ebenfalls mit der zielseitigen Komponente 18 des Schußsimulators gemäß Fig. 3 ausgerüstet. Im Ziel 14 wird die gleiche Berechnung wie im Ziel 13 durchgeführt. In diesem Fall ist aber die Entfernung des Ziels 14 zur Rohrwaffe 11 wesentlich kleiner als die Entfernung des virtuellen Geschoßeinschlags von der Rohrwaffe 11, sodaß keine Trefferanzeige erfolgt.

Um die Vielzahl der sendeseitig vorzusehenden optischen Sensoren 32 zu reduzieren, könnte das Laserlicht des optischen Senders 22 in Horizontalrichtung aufgespreizt werden, so daß die optischen Sensoren 32 am Ziel 13 in größeren Abständen voneinander angeordnet werden können. Um eine gleiche Empfindlichkeit der optischen Sensoren 32 sicherzustellen, müßte allerdings die Laserleistung erhöht werden, um die nunmehr größere Fläche am Ziel 13 mit der

gleichen Energiedichte zu beleuchten.

In einem größeren Übungsgelände kann in bestimmten Geländeabschnitten aufgrund der Geländestruktur oder der Bebauung und Bepflanzung der Satellitenempfang gestört oder unterbunden sein, sodaß die Position von Waffe und/oder Ziel nicht als auswertbare Information bei der Trefferbestimmung zur Verfügung steht. Für solche Fälle werden den vom optischen Sender 20 ausgesendeten Laserimpulsen zusätzlich eine Information über den Sendezeitpunkt eines jeden einzelnen Laserimpulses aufmoduliert. Die den Sendezeitpunkt angebende Information ist dabei die Zeit zwischen der Auslösung des simulierten Schusses und dem Aussenden des jeweiligen Laserimpulses. Diese Information wird an einem in der zentralen Steuereinheit 22 integrierten Zähler abgenommen, der bei Schußeauslösung gestartet und mit konstanter Frequenz getaktet wird. Im Ziel 13 kann nunmehr aus der mit dem empfangenen Laserimpuls übertragenen Information über dessen Sendezeitpunkt und den Waffeninformationen die Entfernung zwischen Ziel und Rohrwaffe bestimmt werden. Damit können auch bei gestörtem GPS-Empfang Trefferpositionen ermittelt und die Schießübungen fortgesetzt werden. Im Falle eines intakten GPS-Empfangs kann die aufgrund der bekannten Positionen von Rohrwaffe 11 und Ziel 13 bestimmte Zielerfahrung kontrolliert werden.

In Fig. 5 ist ein Übungsszenario dargestellt, in dem das Abfeuern einer Panzerfaust 37 auf einen fahrenden Zielpanzer 38 geübt werden soll. Die Panzerfaust 37 stellt die Rohrwaffe 11 und der Zielpanzer 38 das Ziel 13 dar, das sich in Richtung Pfeil 16 in Fig. 5 bewegt. Bei dieser Übung kommt es auf die richtige Einstellung eines Vorhaltes der Rohrwaffe 11 an, also eines geeigneten Azimutwinkels  $\varphi$ , damit das sich bewegende Ziel 13 (Zielpanzer 38) nach Abfeuern der Panzerfaust 37 zum richtigen Zeitpunkt getroffen wird; denn die mit der Panzerfaust 37 verschossene panzerbrechende Munition benötigt eine gewisse Flugzeit um die Entfernung zum Ziel 13 zu überbrücken, in der sich das Ziel 13 um eine seiner Geschwindigkeit entsprechende Wegstrecke von seiner bei Schußeauslösung eingenommenen Position aus weiterbewegt hat.

Das vorstehend beschriebene Verfahren zur Schußsimulation ist nun dahingehend abgewandelt, daß das optisch eng gebündelte Sendelicht, also die Impulsfolge von Laserimpulsen, jetzt in einer horizontalen Ebene (Azimut) mit konstanter Geschwindigkeit geschwenkt und jedem Laserimpuls zusätzlich in jeder Schwenkposition eine Information bezüglich des auf die Rohrwaffenachse bezogenen, momentanen Schwenkwinkels  $\alpha_i$  aufmoduliert wird. Die Laserimpulse werden dabei mit konstanter Taktrate (Sendefrequenz) gesendet. Neben den wie vorstehend beschriebenen Informationen über die Waffe 11, wird zusätzlich jedem Laserimpuls in jeder Schwenkposition des optischen Senders 20 eine Information bezüglich des auf die Rohrwaffenachse 39 bezogenen, momentanen azimutalen Schwenkwinkels  $\alpha_i$  aufmoduliert. Die Schwenkwinkel  $\alpha_1$  bis  $\alpha_4$  sind in Fig. 5 zur Erläuterung schematisch eingezeichnet. Der Sender 20 ist wiederum in der waffenseitigen Komponente 17 des Schießsimulators integriert, die fest mit der Rohrwaffe 11 verbunden, hier mit dem Visier der Panzerfaust 37 zu einer Baueinheit zusammengefaßt ist. Da die optische Achse des Senders 20 durch die Befestigung der waffenseitigen Komponente 17 an der Rohrwaffe 11 gegenüber der Rohrwaffenachse 39 vertikal etwas versetzt ist, liegt die Bezugslinie 39' für die Schwenkwinkelangabe um den gleichen Betrag versetzt oberhalb der Rohrwaffenachse 39. Die Bezugslinie 39' für die Schwenkwinkelangabe verläuft damit aber immer in Rohrwaffenmitte parallel zur Rohrwaffenachse 39. Der Schwenkwinkelbereich des optischen Senders 20 ist auf ei-

nen gleichen Azimutbereich rechts und links der Rohrwaffenmitte, also der Rohrwaffenachse 39, begrenzt, der mindestens so groß ist wie der zur Bekämpfung eines sich quer zur Rohrwaffenachse 39 bewegenden Ziels 13 erforderliche, die Flugdauer des auf das sich bewegende Ziel 13 abgefeuerten Geschosses der Rohrwaffe 11 berücksichtigende Vorhaltewinkel  $\varphi$ . Die Schwenkbewegung des optischen Senders 20 erfolgt mit Auslösen des simulierten Schusses immer von einer der Begrenzungskanten des Schwenkwinkelbereichs aus, in dem Beispiel der Fig. 5 von der linken, äußeren Begrenzungskante des Schwenkwinkelbereichs aus.

Das in Fig. 5 von dem in Pfeilrichtung 16 fahrenden Zielpanzer 38 gebildete, bewegliche Ziel 13 ist mit der gleichen zielseitigen Komponente 18 des Schußsimulators ausgerüstet, wie sie in Fig. 4 im Blockschaltbild dargestellt ist, wobei die Zahl der optischen Sensoren 32 der optischen Empfangseinrichtung 31 auf zwei bis drei pro Längsseite des Ziels 13 begrenzt ist, und die optischen Sensoren 32 im Turnbereich des Zielpanzers 38 angeordnet sind. Zur Sicherstellung eines zuverlässigen Empfangs der Lichtimpulse durch die optischen Sensoren 32 können die Laserimpulse in vertikaler Richtung aufgespreizt sein, sodaß mit jedem Laserimpuls der Zielpanzer 38 in seiner maximalen Höhe bis zur Turmoberkante beleuchtet wird. In der zielseitigen Komponente 18 des Schußsimulators wird nunmehr die gleiche Auswertung der in den Laserimpulsen übertragenen Informationen vorgenommen, wie bereits vorstehend beschrieben worden ist, mit dem einzigen Unterschied, daß die zur Trefferfeststellung herangezogene Zielerfahrung zuvor mittels der Schwenkwinkelinformationen und der bekannten Eigenbewegung des Ziels 13 korrigiert wird. Diese Korrektur erfolgt dabei in der Weise, daß die Zielerfahrung für eine Zielposition berechnet wird, die das mit Zielgeschwindigkeit sich bewegende Ziel 13 nach Durchlaufen einer sich aus der Schwenkwinkelinformation und der momentanen Zielerfahrung ergebenden Wegstrecke innerhalb der Geschoßflugzeit einnehmen würde, die ihrerseits aus den Waffeninformationen errechnet wird. Diese Schwenkwinkelinformation entspricht dem mit der Rohrwaffe 11 eingestellten Vorhalt  $\varphi$  im Azimut, und bei richtiger Einstellung des Vorhalts  $\varphi$  stimmt der aus den Waffeninformationen berechnete Geschoßeinschlag mit der korrigierten Zielerfahrung überein und ein Treffer wird angezeigt.

Sind auf den vom optischen Sender 20 ausgesendeten Laserimpulsen – wie vorstehend beschrieben – zusätzlich Informationen über ihren Sendezeitpunkt aufmoduliert, so kann bei dem zu Fig. 5 beschriebenen Schußsimulator auf die Übertragung einer zusätzlichen Winkelinformation  $\alpha_i$  über die Senderichtung zum Ziel 13 verzichtet werden, da aus diesen Informationen über die jeweilige Sendezeit der Laserimpulse die Winkelinformation über die Senderichtung abgeleitet werden kann.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Schußsimulation mit ballistische Geschosse verschießenden Rohrwaffen, bei dem von der Rohrwaffe (11) beim Auslösen eines simulierten Schusses das Ziel (13) mit einem optischen Sender (20) beleuchtet und zur Trefferfeststellung ein virtueller Geschoßeinschlag bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Sendelicht optisch eng gebündelt und in einer Ebene sukzessive geschwenkt wird, daß dem Sendelicht Informationen bezüglich der momentanen Position und vertikalen Ausrichtung (Aufsatz) der Rohrwaffe (11) sowie der Waffen- und Geschoßart aufmoduliert werden, daß das Ziel (13) mit einer optischen Empfangseinrichtung (31) ausgestattet wird und daß

im Ziel (13) der virtuelle Geschoßeinschlag und die Entfernung zwischen Ziel (13) und Rohrwaffe (11) aus den zum Ziel (13) übertragenen Waffeninformationen und der bekannten Zielposition bestimmt und zur Trefferfeststellung miteinander verglichen werden und daß bei Übereinstimmung ein Treffer angezeigt wird. 5

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Verkannter der Rohrwaffe (11) gegenüber einer vertikalen und/oder horizontalen Bezugslinie gemessen und der Meßwert dem Sendelicht aufmoduliert 10 wird und daß die Informationen bezüglich der Waffenverkantung im Ziel (13) bei der Bestimmung des virtuellen Geschoßeinschlags herangezogen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Ziel (13) Flugbahnen von Geschossen 15 mit einer Parameterisierung von Aufsatz ( $\epsilon$ ) sowie Waffen- und Geschoßart abgelegt werden und daß mit dem empfangenen und demodulierten Waffeninformationen die zutreffende Flugbahn aufgesucht und der virtuelle Geschoßeinschlag ausgelesen wird. 20

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Sendelicht in einer vertikalen Ebene aus einer mit der Achse der Rohrwaffe (11) parallelen Richtung heraus abwärts geschwenkt wird. 25

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangseinrichtung (31) des vorzugsweise beweglichen Ziels (13) mit einem am Ziel (13) befestigten, horizontal umlaufenden Gürtel aus einer Vielzahl von beabstandeten Lichtdetektoren (32) versehen wird. 30

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Sendelicht in Horizontalrichtung optisch aufgespreizt wird. 35

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Sendelicht in einer horizontalen Ebene mit konstanter Geschwindigkeit geschwenkt wird und dem Sendelicht in jeder Schwenkposition Informationen bezüglich des auf die Achse der Rohrwaffe (11) bezogenen, momentanen Schwenkwinkels aufmoduliert werden und daß die zur Trefferfeststellung im Ziel herangezogene Zielentfernung zuvor mittels der Schwenkwinkelinformation und der bekannten Eigenbewegung des Ziels (13) korrigiert wird. 40

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur in der Weise durchgeführt wird, daß die Zielentfernung für eine Zielposition berechnet wird, die das mit Zielgeschwindigkeit sich bewegende Ziel (13) nach Durchlaufen einer aus der Schwenkwinkelinformation und der momentanen Zielentfernung 45 sich ergebenden Wegstrecke während der aus den Waffeninformationen sich ergebenden Geschoßflugzeit einnimmt.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwenkbereich des Sendelichts auf 55 einen gleichen Azimutwinkel rechts und links der Rohrwaffenmitte begrenzt ist, der mindestens einem die maximale Flugdauer des abgefeuerten Geschosses berücksichtigenden, maximalen Vorhaltewinkel der Rohrwaffe (11) im Azimut bei Bekämpfung eines mit maximaler Geschwindigkeit quer zur Schußrichtung sich bewegenden Ziels entspricht, und daß beim Auslösen des simulierten Schusses die Schwenkung der Senderichtung von einer der Begrenzungskanten des Schwenkbereichs aus erfolgt. 60

10. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Sendelicht als eine Folge von Laserimpulsen erzeugt wird und die waffenseitigen In- 65

formationen jedem Laserimpuls aufmoduliert werden. 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserimpulse mit konstanter Taktrate gesendet werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Laserimpuls zusätzlich eine Information über seinen Sendezzeitpunkt aufmoduliert wird und im Ziel (13) aus den Informationen über die Sendezzeitpunkte und den Waffeninformationen die Zielentfernung abgeleitet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß als Informationen über den Sendezzeitpunkt die Zeit zwischen der Auslösung des simulierten Schusses und dem Aussenden des jeweiligen Laserimpulses angegeben wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Informationen über den Sendezzeitpunkt am Ausgang eines mit konstanter Frequenz getakteten Zählers abgenommen wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11 und einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Übertragung der Schwenkwinkelinformationen ( $\alpha_i$ ) verzichtet wird und die Schwenkwinkelinformationen im Ziel (13) aus den Sendezzeitpunkt Informationen über die Sendezzeitpunkte abgeleitet werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionen von Rohrwaffe (11) und Ziel (13) jeweils mittels eines an diesem angeordneten, satellitengestützten Positionsbestimmungssystems (GPS; DGPS) erfaßt werden.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

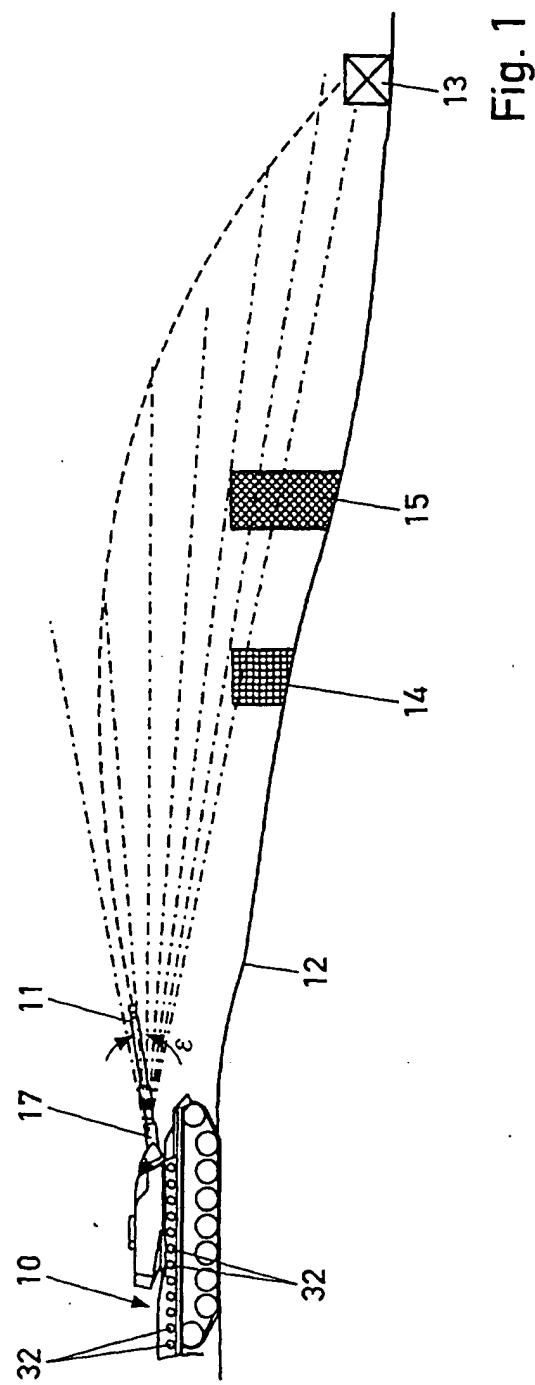


Fig. 1

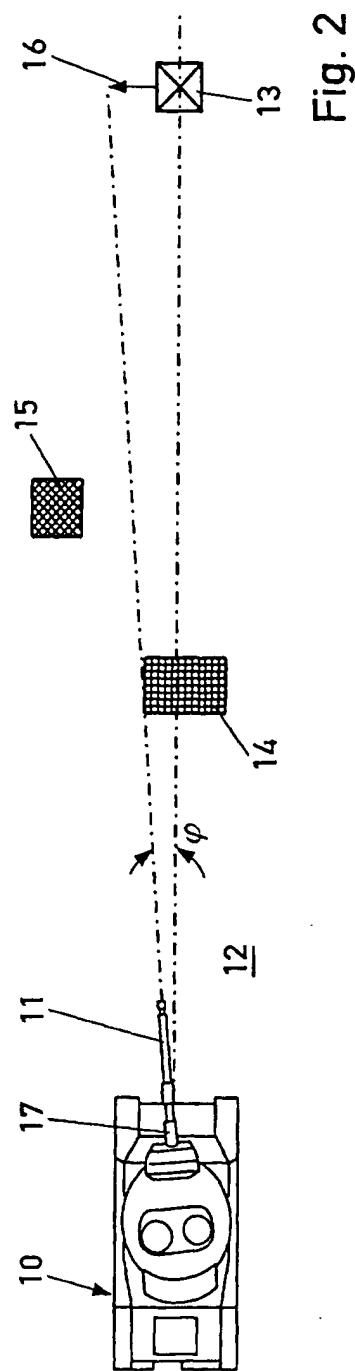


Fig. 2

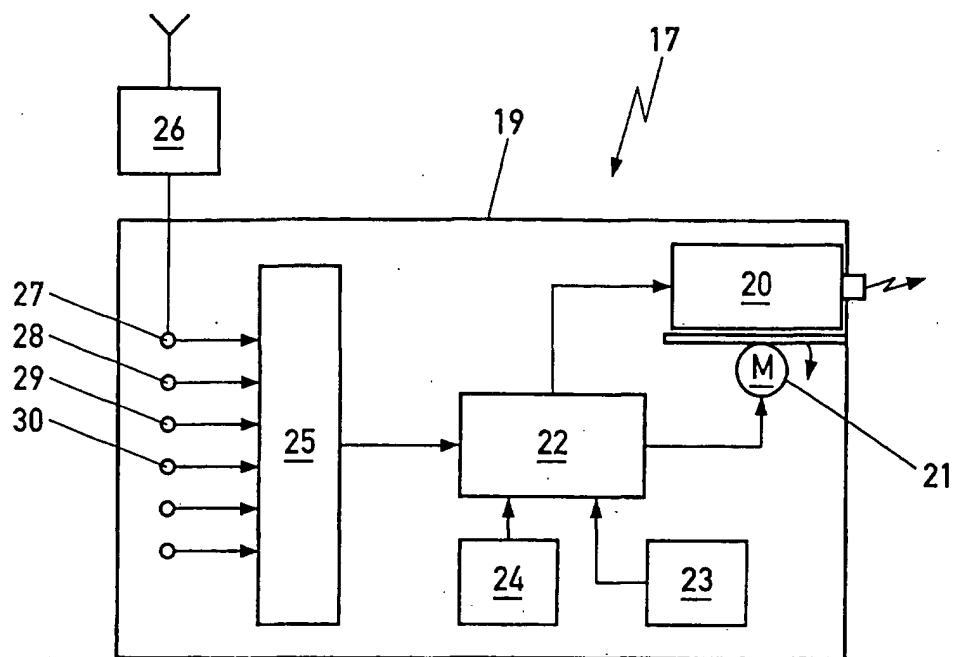


Fig. 3

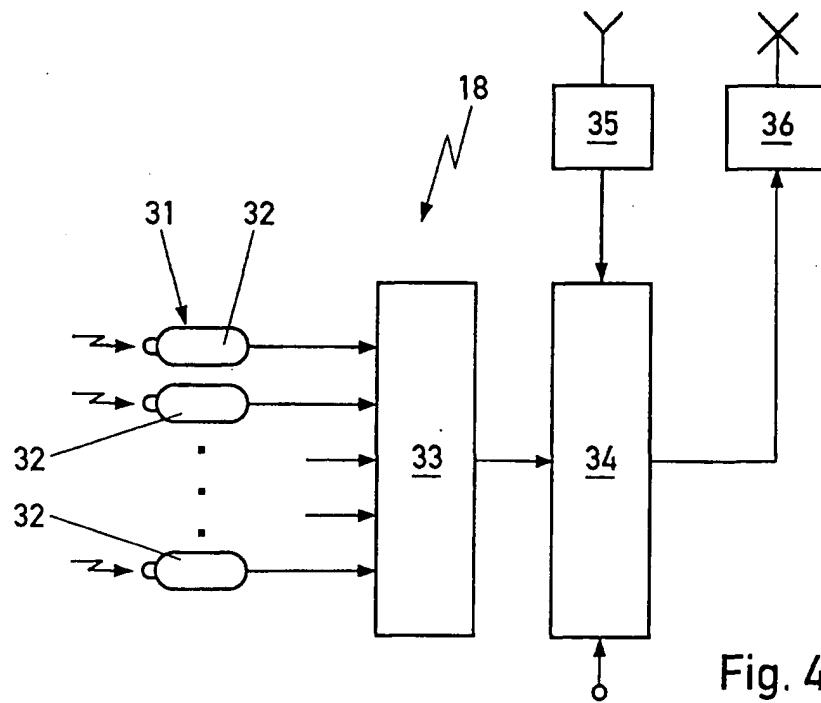


Fig. 4

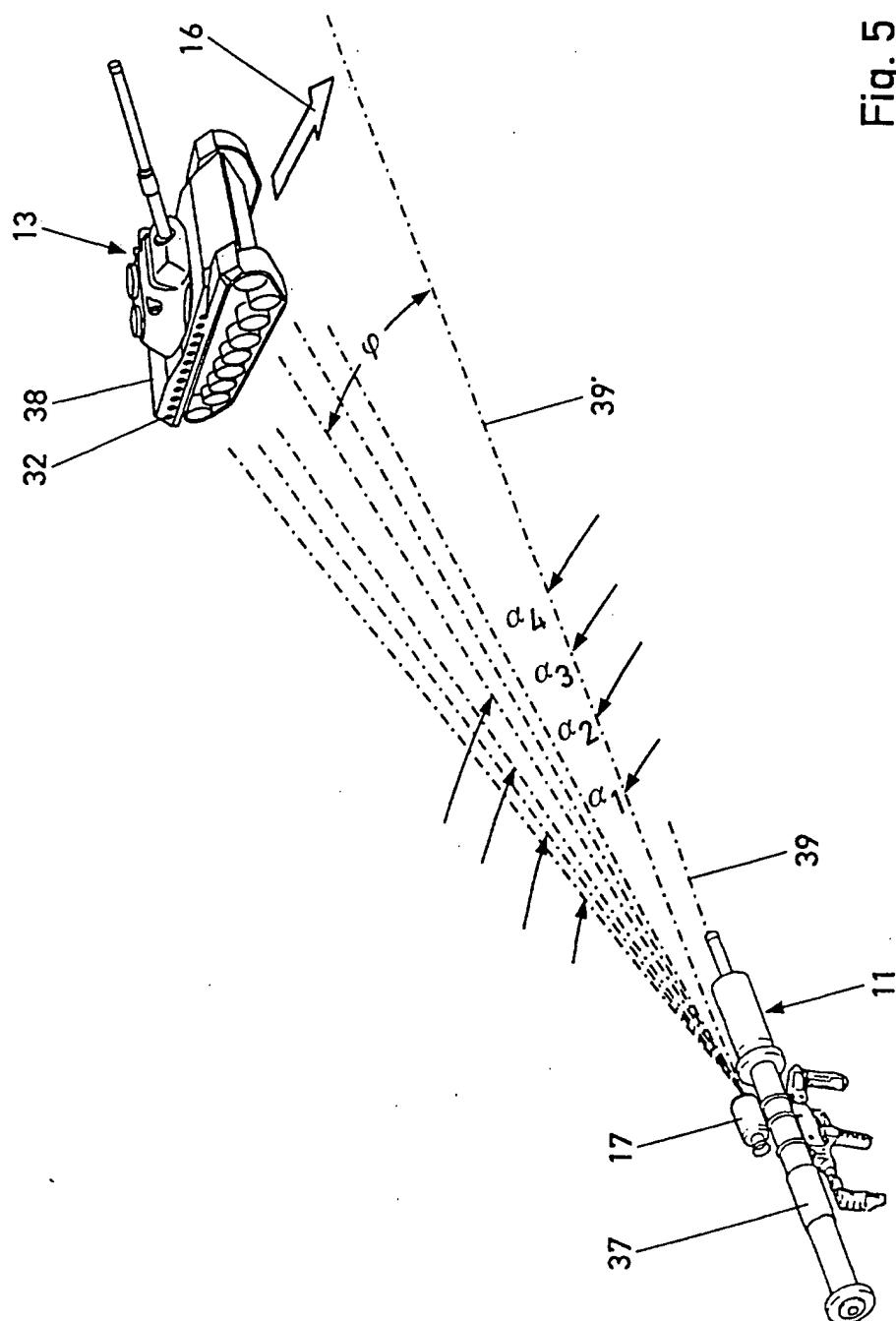


Fig. 5